

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
18 août 2005 (18.08.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/076628 A2**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H04N 7/32,  
9/64

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : THOM-  
SON LICENSING S.A. [FR/FR]; 46 Quai Alphonse Le  
Gallo, F-92100 Boulogne Billancourt (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/003417

(72) Inventeurs; et

(22) Date de dépôt international :  
30 décembre 2004 (30.12.2004)

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : BLONDE,  
Laurent [FR/FR]; 30 rue P.J. Helias, F-35235  
Thorigne-Fouillard (FR). SAHUC, David [FR/FR];  
1B rue Victor Janton, F-35000 Rennes (FR). KER-  
BIRIOU, Paul [FR/FR]; 9 rue Yves Kerguelen, F-35235  
Thorigne-Fouillard (FR).

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

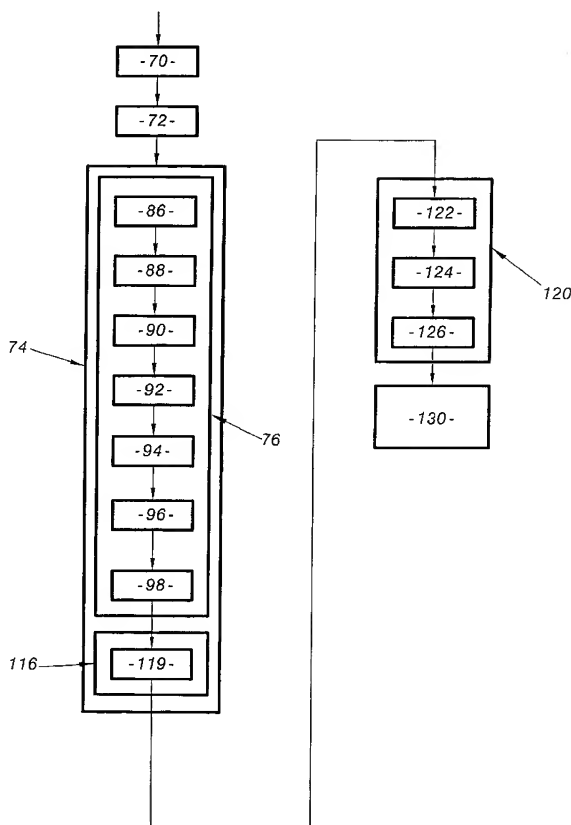
(30) Données relatives à la priorité :  
0400063 6 janvier 2004 (06.01.2004) FR

(74) Mandataires : HABASQUE, Etienne etc.; Cabinet  
Lavoix, 2, Place D'estienne D'orves, F-75441 Paris Cedex  
09 (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR DETERMINING DISPLACEMENT OF A PIXEL AND RECORDING MEDIUM  
THEREFOR

(54) Titre : PROCEDE ET SYSTEME DE DETERMINATION DU DEPLACEMENT D'UN PIXEL, ET SUPPORT D'ENREGIS-  
TREMENT POUR LA MISE EN OEUVRE DU PROCEDE



(57) Abstract: The invention concerns a method for determin-  
ing the displacement of a pixel between first and second images,  
the first image representing further an object in a first scene from  
a given camera station, and the second image representing the  
same object in a second scene, said second scene being obtained  
from the first scene by moving the object in the first scene and/or  
by moving the camera station of the first scene. The method com-  
prises an operation which consists in defining (in 76) the colour  
of at least one point of the object of the second scene based on the  
position of said point in the first image so that the colour of the  
pixel of the second image corresponding to said point indicates  
the position of said pixel in the first image.

(57) Abrégé : Ce procédé détermine le déplacement d'un pixel  
entre une première et une deuxième images, la première image  
représentant, en outre, un objet dans une première scène prise  
à partir d'un point de prise de vue donnée, et la deuxième image  
représentant le même objet dans une deuxième scène, cette  
deuxième scène étant obtenue à partir de la première scène en  
déplaçant l'objet dans la première scène et/ou en déplaçant le  
point de prise de vue de la première scène. Le procédé comporte  
une opération de définition (en 76) de la couleur d'au moins un  
point de l'objet de la deuxième scène en fonction de la position  
de ce point dans la première image de manière à ce que la  
couleur du pixel de la deuxième image correspondant à ce point  
indique la position de ce pixel dans la première image.

WO 2005/076628 A2



- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),

européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

**Procédé et système de détermination du déplacement d'un pixel, et support d'enregistrement pour la mise en œuvre du procédé**

L'invention concerne un procédé et un système de détermination du déplacement d'un pixel entre deux images ainsi qu'un procédé de synthèse d'image et un support d'enregistrement d'informations pour la mise en œuvre du procédé.

Plus précisément, l'invention concerne un procédé de détermination du déplacement d'un pixel entre une première et une deuxième images, la première image étant synthétisée à partir d'une première scène contenant un objet et un point de prise de vue donné, et la deuxième image étant synthétisée à partir d'une deuxième scène contenant le même objet, cette deuxième scène étant obtenue à partir de la première scène en déplaçant l'objet dans la première scène et/ou en déplaçant le point de prise de vue de la première scène.

Pour de nombreux traitements numériques d'images, il est nécessaire de connaître la position d'un point d'un objet dans une première image et la position de ce même point dans une seconde image. Par exemple, ces informations sont utilisées pour déterminer un vecteur de déplacement de ce point entre la première et la seconde images, c'est-à-dire l'amplitude et la direction du déplacement ou de la translation de ce point entre ces deux images.

L'ensemble des vecteurs de déplacement de tous les points d'un objet ou d'une image est appelé champs de vecteurs de déplacement.

Ces champs ou vecteurs de déplacement sont notamment utilisés dans des procédés de construction d'images intermédiaires à l'aide de processus d'interpolation temporelle.

Par exemple, dans des procédés de synthèse d'images connus, un module de synthèse fournit uniquement en sortie des images telles que des images planes d'une scène définie en trois dimensions. Ainsi, actuellement, pour déterminer la position initiale d'un pixel dans la première image et sa position finale dans la seconde image, un module de calcul dédié à cette tâche doit être utilisé en plus du module de synthèse. A cet effet, ce module de calcul

travaille directement sur les données définissant la scène tridimensionnelle, c'est-à-dire sur les mêmes données que celles traitées par le module de synthèse.

Par exemple, le module de calcul établit la position finale d'un pixel à partir d'informations sur le déplacement des objets dans une scène entre des instants où sont prises une première et une deuxième images ainsi qu'à partir d'informations sur le déplacement du point de prise de vue entre ces mêmes instants. Ces calculs sont longs et compliqués de sorte que le module de calcul est lui-même complexe et lent.

L'invention vise à remédier à cet inconvénient en proposant un procédé de détermination du déplacement d'un pixel entre une première et une deuxième images permettant de simplifier le module de calcul.

L'invention a donc pour objet un procédé tel que décrit ci-dessus, caractérisé :

- en ce qu'il comporte avant la synthèse de la deuxième image, une étape de définition de la couleur d'au moins un point de l'objet dans la deuxième scène en fonction de la position de ce point dans la première scène de manière à ce que la couleur du pixel de la deuxième image correspondant à ce point indique la position de ce point dans la première image, cette étape de définition comportant :

- une opération de projection sur l'objet de la deuxième scène d'une troisième image constituée d'un ensemble de pixels, dans laquelle la couleur de chaque pixel indique sa position dans cette troisième image, cette troisième image étant projetée à partir d'un projecteur dont la position relative par rapport à l'objet qu'il éclaire dans la deuxième scène est choisie pour être la même que la position relative du point de prise de vue par rapport à cet objet dans la première scène,

- une opération de modification des aspects de surface de l'objet éclairé de manière à ce que la surface de cet objet diffuse l'éclairage du projecteur vers le point de prise de vue, et

- une opération de suppression des sources de lumière parasites susceptibles de modifier la couleur diffusée par un ou plusieurs points de l'objet, et

- en ce qu'après la synthèse de la deuxième image à partir de la deuxième scène dans laquelle la couleur d'au moins un point de l'objet a été définie lors de l'étape de définition, il comporte pour ce ou chaque point de l'objet :

- 5                               - une opération de relevé de la position et de la couleur d'un pixel de la deuxième image correspondant à ce point,
- une opération de déduction de la position du point de l'objet dans la première image à partir de la couleur relevée, et
- une opération de détermination du déplacement de ce pixel à
- 10 partir de la position relevée dans la deuxième image et de la position déduite de la couleur du pixel.

Grâce à cette deuxième image, la détermination de la position initiale et de la position finale d'un point d'un objet est simplifiée car il suffit pour cela de relever la position et la couleur d'un pixel dans la deuxième image pour

15 connaître la position du point de l'objet correspondant respectivement dans la deuxième image et dans la première image. Le module de calcul n'a donc plus à effectuer des calculs compliqués pour déterminer ces informations. On notera de plus que le module de calcul ne travaille plus sur les données d'entrées du module de synthèse, c'est-à-dire les données définissant la scène

20 tridimensionnelle, mais uniquement sur une image, c'est-à-dire des données bidimensionnelles.

L'invention a également pour objet un procédé de synthèse d'images chaque image étant formée d'un ensemble de pixels, ce procédé comportant :

- 25                               - une première étape synthèse d'une première image à partir d'une première scène, la première image représentant, en outre, un objet dans la première scène prise à partir d'un point de prise de vue donné, et
- une deuxième étape synthèse d'une deuxième image à partir d'une deuxième scène, cette deuxième scène étant obtenue à partir de la première scène en déplaçant l'objet dans la première scène et/ou en déplaçant le point
- 30 de prise de vue de la première scène,
- une étape de détermination du déplacement d'au moins un pixel entre les première et deuxième images, cette étape étant réalisée en mettant

en œuvre un procédé de détermination du déplacement d'un pixel conforme à l'invention, et

- une étape de construction par interpolation temporelle d'au moins une image intermédiaire entre les première et deuxième images synthétisées à l'aide des informations sur le déplacement du ou de chaque pixel précédemment déterminé.

L'invention a également pour objet un support d'enregistrement d'informations, caractérisé en ce qu'il comporte des instructions pour la mise en œuvre du procédé de détermination ou de synthèse conforme à l'invention lorsque ces instructions sont exécutées par un ordinateur électronique.

L'invention a également pour objet un système de détermination du déplacement d'un pixel entre une première et une deuxième images de synthèse, lesdites images étant constituées d'un ensemble de pixels, la première image étant synthétisée à partir d'une première scène contenant un objet et un point de prise de vue donné, et la deuxième image étant synthétisée à partir d'une deuxième scène contenant le même objet, cette deuxième scène étant obtenue à partir de la première scène en déplaçant l'objet dans la première scène et/ou en déplaçant le point de prise de vue de la première scène, ce système comportant :

- un module de synthèse d'images propre à générer des images à partir d'une scène tridimensionnelle, et

- un module de commande apte à activer une première fois le module de synthèse pour générer la première image à partir de la première scène, et à activer une deuxième fois le module de synthèse pour générer la deuxième image à partir de la deuxième scène,

caractérisé :

- en ce que le module de commande est apte à définir automatiquement la couleur d'au moins un point de l'objet dans la deuxième scène en fonction de la position de ce point dans la première scène de manière à ce que la couleur du pixel de la deuxième image correspondant à ce point indique la position de ce pixel dans la première image, le module de commande étant apte pour cela à réaliser :

- une opération de projection sur l'objet de la deuxième scène d'une troisième image constituée d'un ensemble de pixels, dans laquelle la couleur de chaque pixel indique sa position dans cette troisième image, cette troisième image étant projetée à partir d'un projecteur dont la position relative par rapport à l'objet qu'il éclaire dans la deuxième scène est choisie pour être la même que la position relative du point de prise de vue par rapport à cet objet dans la première scène,

- une opération de modification des aspects de surface de l'objet éclairé de manière à ce que la surface de cet objet diffuse l'éclairage du projecteur vers le point de prise de vue, et

- une opération de suppression des sources de lumière parasites susceptibles de modifier la couleur diffusée par un ou plusieurs points de l'objet, et

- en ce que le système comporte un module de calcul du déplacement d'au moins un pixel entre les première et deuxième images apte pour le ou chaque point de l'objet à :

- relever la position et la couleur d'un pixel de la deuxième image correspondant à ce point,

- déduire la position du point de l'objet dans la première image à partir de la couleur relevée, et

- déterminer le déplacement de ce pixel à partir de la position relevée dans la deuxième image et de la position déduite de la couleur du pixel.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une illustration schématique de l'architecture d'un système conforme à l'invention,

- les figures 2 et 3 sont respectivement des vues en perspective d'une scène tridimensionnelle,

- les figures 4 et 5 sont respectivement des images planes correspondant aux scènes tridimensionnelles des figures 2 et 3,

- la figure 6 est un organigramme d'un procédé conforme à l'invention,

- la figure 7 est une vue en perspective de la scène tridimensionnelle de la figure 3,

- la figure 8 est une illustration schématique d'une image projetée sur la scène de la figure 7, et

5                   - la figure 9 est une image plane correspondant à la scène de la figure 7.

La figure 1 représente un système électronique de synthèse d'images désigné par la référence générale 2. Ce système 2 comporte un calculateur électronique 4, tel qu'une unité centrale d'un ordinateur  
10 conventionnel, associé à un écran de visualisation 6 et à une mémoire 8.

Le système 2 comporte également une interface homme/machine 10 permettant à un utilisateur de saisir des commandes de déplacement d'objets. A titre d'exemple cette interface 10 est ici formée d'un clavier alphanumérique 11 et d'un levier 12 de commande plus connu sous le terme anglais de  
15 "joystick".

Le calculateur 4 comporte un module 20 de synthèse d'images numériques et un module 22 de commande de ce module 20.

Le module 22 est apte à définir un modèle numérique d'une scène tridimensionnelle telle qu'une scène 28 représentée en perspective sur la figure  
20 2 à un instant T.

A titre d'exemple, la scène tridimensionnelle utilisée pour illustrer la présente description comporte seulement deux objets, c'est-à-dire ici un cône 30 et un cylindre 32.

La forme géométrique de chaque objet est définie par un  
25 assemblage de plusieurs facettes contiguës les unes aux autres. Ici, sur la figure 2, ces facettes sont représentées par des triangles 34.

Chaque facette de chaque objet présente un aspect de surface. Cet aspect de surface est réglable. Par exemple, la texture ou la matière de cette facette, son coefficient de réflexion de la lumière, sa diffusivité sont réglables.

30                   Typiquement, une scène comporte également un ou plusieurs projecteurs destinés à éclairer les objets de la scène. Ici, à titre d'illustration deux projecteurs 36 et 38 sont représentés sur la figure 2.



Pour chaque projecteur il est possible de définir sa position, son orientation, son champ de vision ainsi que l'image projetée sur la scène. De plus il est possible de définir la directivité du projecteur, c'est-à-dire, par exemple, les facettes de chaque objet qui seront éclairées par ce projecteur.

5                   Finalement, une scène comporte au moins un point de prise de vue représenté ici par une caméra 40. La position, l'orientation ainsi que le champ de vision de cette caméra 40 sont réglables.

10                   Ici, la position des objets, des projecteurs et de la caméra est définie par rapport à un repère orthonormé fixe représenté par les axes X, Y, Z dans la figure 2.

Le module de commande 22 permet à l'utilisateur de régler les différents paramètres de cette scène et, en particulier de déplacer les objets, le point de prise de vue ou la position des projecteurs.

15                   Par exemple, la figure 3 représente une scène 42 correspondant à la scène 28 à un instant T+1 après que le cône 30 ait été déplacé le long de l'axe Z alors que le cylindre 32 est demeuré immobile. Cette commande de déplacement du cône 30 a, par exemple, été générée par l'utilisateur à l'aide du levier de commande 12. Ce déplacement est noté D et représenté par une flèche D sur la figure 3.

20                   Le module de synthèse 20 est capable de générer une image à deux dimensions de la scène définie par le module de commande 22. Plus précisément, le module 20 est apte à générer l'image de la scène tridimensionnelle que filme la caméra 40. Par exemple, le module 20 met en œuvre à cet effet un procédé connu réalisé à l'aide de la technologie Open GL.  
25                   Des informations sur cette technologie peuvent être obtenues en ligne à partir de l'adresse suivante :[http://developer.apple.com/documentation/GraphicsImaging/Conceptual/OpenGL/chap2/chapter\\_2\\_section\\_3.html](http://developer.apple.com/documentation/GraphicsImaging/Conceptual/OpenGL/chap2/chapter_2_section_3.html)

Les figures 4 et 5 représentent des images 44 et 46 synthétisées par le module 20 respectivement pour les scènes 28 et 42.

30                   Dans les images 44 et 46 les axes Y et Z correspondent à ceux du repère orthonormé des scènes 28 et 42.

Les images synthétisées par le module 20 sont propres à être affichées sur l'écran 6. Par exemple, ici ces images sont des images de 256 pixels par 256 pixels.

5 Sur les figures 4 et 5 est représenté un repère orthonormé  $\alpha$ ,  $\beta$  gradué en nombre de pixels et dont l'origine correspond au pixel dans l'angle inférieur gauche de l'image. Ce repère orthonormé  $\alpha$ ,  $\beta$  permet de définir la position de chaque pixel de l'image par un couple de coordonnées (i,j) où i et j correspondent aux coordonnées du pixel respectivement sur les axes  $\alpha$  et  $\beta$ .

10 Le module 20 comporte également un sous-module 48 de lissage des couleurs. En effet, lorsque la surface d'un point d'un objet correspondant à un pixel comporte deux couleurs différentes séparées par une frontière, il est nécessaire d'adopter une règle qui permet au module 20 d'affecter une seule couleur à ce pixel. Ici, dans une telle situation, le sous-module 48 agit de manière à lisser cette différence de couleurs et choisit donc une couleur  
15 intermédiaire entre les couleurs présentes de part et d'autre de la frontière. Plus précisément, le sous-module 48 détermine cette couleur intermédiaire à affecter au pixel par interpolation linéaire.

20 Le calculateur 4 comporte également un module 50 de calcul d'un champ de vecteurs de déplacement ainsi qu'un module 52 de construction d'images intermédiaires.

Le module 50 est destiné à calculer le vecteur de déplacement des pixels entre deux images synthétisées successives. Par exemple, ce module 50 est apte à calculer le vecteur de déplacement de tous les pixels de l'image 44 entre les instants T et T+1.

25 Le module 52 est capable de calculer des images intermédiaires représentant la scène filmée par la caméra 40 à un instant intermédiaire entre les instants T et T+1. A cet effet, le module 52 met en œuvre un processus d'interpolation temporelle connu, tel que celui décrit dans le brevet EP 0 294 282 B1.

30 Finalement, le calculateur 4 est apte à commander l'affichage sur l'écran 6 d'une séquence temporelle d'images ordonnée ou séquence vidéo formée par les images synthétisées par le module 20 entre lesquelles sont intercalées des images intermédiaires construites par le module 52.

Ici, le calculateur 4 est un calculateur électronique programmable conventionnel et les différents modules 20, 22, 50 et 52 sont, par exemple, des modules logiciels.

Les instructions correspondant à ces modules logiciels sont, par exemple, enregistrées dans la mémoire 8. Ces instructions sont adaptées à l'exécution du procédé de la figure 6.

Le fonctionnement du système 2 va maintenant être décrit en regard de la figure 6 et dans le cas particulier des scènes 28 et 42.

Initialement, le module 20 synthétise lors d'une étape 70, l'image 44 à partir de la scène 28 définie par le module de commande 22.

Ensuite, le module 20 synthétise, lors d'une étape 72, l'image 46 à partir de la scène 42 définie par le module de commande 22.

Le système 2 procède alors à une étape 74 de génération d'une troisième image, par exemple, identique à la seconde image 46 à l'exception du fait que chaque pixel d'un objet présente une couleur fonction de la place qu'occupait à l'instant T le point de l'objet correspondant à ce pixel.

A cet effet, le module 22 définit automatiquement, lors d'une opération 76, une troisième scène 80 (figure 7). Cette scène 80 est identique géométriquement à la scène 42 à l'exception de la position des projecteurs.

De préférence, cette scène 80 est construite à partir de la scène 42 pour conserver à l'identique la position des objets 30 et 32 et de la caméra 40.

Pour construire la scène 80 à partir de la scène 42, le module 22 supprime lors d'une sous-opération 86, tous les projecteurs ou sources de lumière de la scène 42. Ensuite, lors d'une sous-opération 88, le module 22 affecte à tous les objets de la scène 42 le même aspect de surface. L'aspect de surface est ici choisi de manière à ce que la surface de tous les objets soit parfaitement diffusante, c'est-à-dire que la surface ne modifie pas la couleur de la lumière qu'elle renvoie et qu'elle la répartit dans tout l'espace avec la même valeur. Ainsi, lorsqu'un point d'un objet est éclairé avec un faisceau rouge, ce point diffuse dans tout l'espace une lumière exactement du même rouge.

Ensuite, le module 22 crée, lors d'une sous-opération 90, un projecteur pour chaque partie ou objet statique dans la scène et un projecteur pour chaque objet mobile de la scène. Les objets ou parties statiques sont les

parties ou objets qui ne se sont pas déplacés entre l'instant T et l'instant T+1, par exemple ici le cylindre 32. Les objets mobiles sont, au contraire, les objets qui se sont déplacés entre l'instant T et l'instant T+1. De préférence on affectera un seul et même projecteur à un groupe de plusieurs objets mobiles si la position relative de ces objets les uns par rapport aux autres reste inchangée entre l'instant T et l'instant T+1.

Ici, un projecteur 82 est créé pour éclairer le cylindre 32 tandis qu'un projecteur 84 est créé pour éclairer le cône 30.

Le module 22 règle, lors de la sous-opération 90, la directivité des projecteurs 82 et 84 de manière à ce que ceux-ci n'éclairent que les facettes de l'objet auquel ils sont associés qui sont visibles sur l'image 44.

Lors d'une sous opération 92, le module 22 détermine la position de chaque projecteur vis-à-vis de l'objet qu'il éclaire. A cet effet, la position de chaque projecteur vis-à-vis de l'objet qu'il éclaire est choisie de manière à ce que cette position soit identique à celle qu'occupe la caméra 40 vis-à-vis de ce même objet dans la scène 28. Par conséquent, puisqu'ici, ni la position du cylindre 32 ni la position de la caméra 40 n'ont été modifiées entre les instants T et T+1, le projecteur 82 qui éclaire le cylindre 32 est placé à la même position que la caméra 40. Par contre, pour que le projecteur 84 soit placé vis-à-vis du cône 30 à la même position que la caméra 40 dans la scène 28, la position du projecteur 84 est décalée d'une distance D le long de l'axe Z à partir de la position de la caméra 40. Cette distance D est identique à l'amplitude du déplacement D du cône 30.

Ainsi, le projecteur 84 reste, en quelque sorte, immobile par rapport au cône 30 malgré le déplacement de celui-ci entre les instants T et T+1.

Cette façon de procéder pour placer les projecteurs de la scène 80 permet de créer une relation entre la position dans l'image 44 des points de chaque objet éclairé par le projecteur et la couleur avec laquelle ces points seront éclairés lors d'une des sous-opérations suivante. De plus, le choix consistant à placer le projecteur vis-à-vis de l'objet qu'il éclaire dans la même position que celle qu'occupe la caméra 40 à l'instant précédent, c'est-à-dire l'instant T, permet de maximiser la surface éclairée de l'objet utilisable pour la détermination, par exemple, de champs de vecteurs de déplacement.

Lors d'une sous-opération 94, le champ de vision de chaque projecteur est réglé pour correspondre à celui de la caméra 40 à l'instant T, puis, lors d'une sous-opération 96, chaque projecteur est également orienté comme la caméra 40 à l'instant T.

5                   Finalement, lors d'une sous-opération 98, le module 22 définit l'image projetée par chaque projecteur sur l'objet qu'il éclaire. Dans l'image projetée, la couleur de chaque pixel est reliée par une fonction biunivoque à la position de ce pixel dans cette image de sorte que la couleur du pixel indique sa position ou, en d'autres termes, identifie la ligne et la colonne du pixel dans  
10 l'image.

Le nombre de couleurs possibles est supérieur au nombre de pixels des images synthétisées et de préférence au moins 2, 3 ou 4 fois supérieur au nombre de pixels des images synthétisées. Pour simplifier la description, chaque couleur est représentée par un couple de valeurs (k, l) où k représente,  
15 par exemple, la quantité de rouge et l la quantité, par exemple, de vert. Dans l'exemple décrit ici, on suppose qu'il existe trois fois plus de couleurs possibles que de pixels. Ainsi, puisque les images synthétisées sont des images de 256/256 pixels, la quantité maximale de rouge ou de vert sera représentée par la valeur 768 tandis que la quantité minimale sera représentée par la valeur 1,  
20 les valeurs k et l pouvant prendre toutes les valeurs entières comprises entre 1 et 768.

Ici, tous les projecteurs de la scène 80 projettent la même image c'est-à-dire une image 104 (figure 8). La figure 8 comporte un repère  $\alpha$ ,  $\beta$  identique à celui des figures 4 et 5 de manière à repérer la position des pixels  
25 de l'image 104. A titre d'illustration, seuls quelques pixels de cette image 104 sont représentés par des carrés 106. Les couleurs associées à chacun de ces pixels sont représentées par un couple de valeurs (k, l) indiqué entre parenthèses sur cette figure. Les couleurs associées aux pixels de l'image 104 sont organisées de façon à créer un gradient de couleurs le long de l'axe  $\alpha$  et le  
30 long de l'axe  $\beta$ . Ainsi, le pixel situé sur l'origine des axes  $\alpha$  et  $\beta$  est associé à la couleur (1,1). A partir de ce pixel, les valeurs du paramètre k affectées à chaque pixel de l'image 104 forment une progression géométrique de raison 3 en allant de la gauche vers la droite le long de l'axe  $\alpha$ . De façon similaire, les

valeurs du paramètre  $l$  de chaque pixel forment une progression géométrique de raison 3 le long de l'axe  $\beta$  et en s'éloignant du pixel ayant la couleur (1,1).

Ainsi, le pixel situé à l'angle supérieur droit, c'est-à-dire celui placé à l'intersection de la 256<sup>ème</sup> ligne et de la 256<sup>ème</sup> colonne de pixels, est associé à la couleur (768,768). Dès lors, dans l'image 104, connaissant la couleur d'un pixel, il est possible de retrouver ses coordonnées  $i,j$  dans le repère  $\alpha, \beta$  par une simple règle de trois.

On comprend donc que dans la scène 80, à cause du choix de la position des projecteurs 82 et 84 vis-à-vis des objets 32 et 30 et du codage des couleurs dans l'image 104 projetée, chaque point de l'objet éclairé se voit affecté une couleur fonction de la position qu'il occupait dans l'image 44.

Une fois la construction de la scène 80 terminée, le module 20 procède à une étape 116 de synthèse d'une image 118 (figure 9) filmée à partir de la caméra 40 de la scène 80. L'image 118 est identique à l'image 46 à l'exception du fait que la couleur des différents pixels d'un objet est fonction de la position du point correspondant de l'objet dans l'image 44. En particulier, la position des objets 30 et 32 est identique à la position de ces mêmes objets dans l'image 46.

Lors de la synthèse de l'image 118, le sous-module 48 procède à une opération 119 de lissage des couleurs ainsi, les pixels de l'image 118 peuvent se voir affecter une couleur intermédiaire entre celles des pixels 106 de l'image 104. Ceci est rendu possible grâce au fait que le nombre de couleurs possible est supérieur au nombre de pixels de l'image. Dès lors, il est possible de mesurer des déplacements avec une précision inférieure au pixel comme on le comprendra à la lecture de la suite de cette description.

Une fois l'opération de synthèse de l'image 118 terminée, le module 50 calcule lors d'une étape 120, le champ de vecteurs de déplacement. A cet effet, il relève, lors d'une opération 122, la position et la couleur des pixels de l'image 118. Par exemple, il relève que la position d'un pixel 120 (figure 9) est (225 ;128) et que sa couleur est (599; 384).

Ensuite, il déduit, lors d'une opération 124, la position de ce pixel dans l'image 44 à partir de la couleur relevée. Par exemple, pour le pixel 120 il

déduit que la couleur (599 ; 384) correspond à la position (199,6666;128) dans le repère  $\alpha, \beta$ .

5                   Finalement, lors d'une opération 126 il détermine le vecteur de déplacement de chaque pixel en soustrayant à la position relevée, la position initiale déduite lors de l'opération 124.

                  Par exemple, pour le pixel 120, le vecteur de déplacement est égal à (25,3333;0).

                  Les opérations 122 à 126 sont réitérées pour tous les pixels de chaque objet qui sont éclairés par l'un des projecteurs de la scène 80.

10                   Une fois le champ de vecteurs de déplacement calculé, le module 52 construit, lors d'une étape 130, des images intermédiaires représentant les objets 30 et 32 à des instants intermédiaires entre les instants T et T+1. A cet effet, le module 52 met en œuvre un processus d'interpolation temporelle et utilise le champ de vecteurs de déplacement calculé lors de l'étape 120.

15                   Lors de cette étape 130, le module 52 construit au moins une image intermédiaire et de préférence plus de deux, cinq ou dix images intermédiaires entre les instants T et T+1.

                  Finalement, la séquence temporelle d'images formée par les images 44 et 46 synthétisées aux instants T et T+1 entre lesquelles sont intercalées  
20                   des images intermédiaires construites lors de l'étape 130, est affiché sur l'écran 6.

                  L'étape 130 de construction d'une image intermédiaire par interpolation temporelle est plus rapide que la synthèse d'une image par le module 20. Dès lors, le procédé ci-dessus présente l'avantage d'être plus  
25                   rapide que les procédés de synthèse d'images connus. En effet, les procédés de synthèses d'images connus synthétisent à l'aide du module 20 chacune des images d'une séquence temporelle d'images. Par conséquent, pour une séquence temporelle de sept images, le module 20 sera exécuté sept fois. Au contraire, dans le procédé de la figure 6, pour générer une séquence temporelle  
30                   de sept images, le module 20 est activé trois fois respectivement pour générer les images 44, 46 et 118 tandis que les cinq images intermédiaires de la séquence temporelle sont construites par interpolation temporelle. Ainsi, il a été mesuré que le temps total nécessaire pour construire cette séquence

temporelle de sept images à l'aide du procédé de la figure 6 est très nettement inférieur au temps nécessaire pour construire une séquence temporelle de sept images à l'aide des procédés de synthèse d'images connus.

Le procédé a été décrit dans le cas particulier où seule une image 118 est construite pour déterminer le champ de vecteurs de déplacement. En variante, le procédé de la figure 6 est modifié pour construire une image dans laquelle les couleurs des pixels indiquent la position des points des objets correspondant à l'instant T et une autre image dans laquelle les couleurs des pixels indiquent la position des points des objets à l'instant T+1. Pour construire ces deux images, l'étape 74 est réalisée en prenant une fois comme image de départ l'image prise à un instant T et comme image d'arrivée l'image prise à un instant T+1 et une seconde fois en prenant comme image de départ l'image prise à l'instant T+1 et comme image d'arrivée l'image prise à l'instant T. Dans cette variante, l'étape 120 est exécutée pour ces deux images de manière à obtenir deux champs de vecteurs de déplacement et l'étape 130 est précédée d'une étape consistant à calculer la moyenne pondérée de ces deux champs de vecteurs de déplacement. Le calcul du champ de vecteurs de déplacement une fois dans un sens, c'est-à-dire de l'instant T vers l'instant T+1, et une fois dans l'autre sens, c'est-à-dire de l'instant T+1 vers l'instant T, permet d'améliorer la précision du calcul du champ de vecteurs de déplacement.



## **REVENDEICATIONS**

1. Procédé de détermination du déplacement d'un pixel entre une première et une deuxième images de synthèse, lesdites images étant constituées d'un ensemble de pixels, la première image étant synthétisée à partir d'une première scène contenant un objet et un point de prise de vue donné, et la deuxième image étant synthétisée à partir d'une deuxième scène contenant le même objet, cette deuxième scène étant obtenue à partir de la première scène en déplaçant l'objet dans la première scène et/ou en déplaçant le point de prise de vue de la première scène,
- 5
- 10 caractérisé :
- en ce qu'il comporte avant la synthèse de la deuxième image, une étape de définition (en 76) de la couleur d'au moins un point de l'objet dans la deuxième scène en fonction de la position de ce point dans la première scène de manière à ce que la couleur du pixel de la deuxième image correspondant à ce point indique la position de ce point dans la première image, cette étape de
  - 15 définition comportant :
    - une opération (92) de projection sur l'objet de la deuxième scène d'une troisième image (104) constituée d'un ensemble de pixels, dans laquelle la couleur de chaque pixel indique sa position dans cette troisième
    - 20 image, cette troisième image étant projetée à partir d'un projecteur dont la position relative par rapport à l'objet qu'il éclaire dans la deuxième scène est choisie pour être la même que la position relative du point de prise de vue par rapport à cet objet dans la première scène,
    - une opération (88) de modification des aspects de surface de
    - 25 l'objet éclairé de manière à ce que la surface de cet objet diffuse l'éclairage du projecteur vers le point de prise de vue, et
    - une opération (86) de suppression des sources de lumière parasites susceptibles de modifier la couleur diffusée par un ou plusieurs points de l'objet, et
  - 30 - en ce qu'après la synthèse de la deuxième image à partir de la deuxième scène dans laquelle la couleur d'au moins un point de l'objet a été définie lors de l'étape de définition, il comporte pour ce ou chaque point de l'objet :

- une opération (122) de relevé de la position et de la couleur d'un pixel de la deuxième image correspondant à ce point,

- une opération (124) de déduction de la position du point de l'objet dans la première image à partir de la couleur relevée, et

5                   - une opération (126) de détermination du déplacement de ce pixel à partir de la position relevée dans la deuxième image et de la position déduite de la couleur du pixel.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le nombre de couleurs possibles pour un pixel de la troisième image est strictement  
10 supérieur au nombre de pixels de la première image.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couleur des pixels de la troisième image est une fonction monotone croissante ou décroissante de la position du pixel dans cette troisième image.

15           4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la troisième image présente un gradient de couleur dans deux directions non co-linéaires.

5. Procédé de synthèse d'images, chaque image étant formée d'un ensemble de pixels, ce procédé comportant :

20           - une première étape (70) de synthèse d'une première image à partir d'une première scène, la première image représentant, en outre, un objet dans la première scène prise à partir d'un point de prise de vue donné, et

                 - une deuxième étape (72) de synthèse d'une deuxième image à partir d'une deuxième scène, cette deuxième scène étant obtenue à partir de la  
25 première scène en déplaçant l'objet dans la première scène et/ou en déplaçant le point de prise de vue de la première scène,

                 caractérisé en ce que le procédé comporte :

                 - une étape (74, 120) de détermination du déplacement d'au moins un pixel entre les première et deuxième images, cette étape étant réalisée en  
30 mettant en œuvre un procédé de détermination du déplacement d'un pixel conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, et

                 - une étape (130) de construction par interpolation temporelle d'au moins une image intermédiaire entre les première et deuxième images

synthétisées à l'aide des informations sur le déplacement du ou de chaque pixel précédemment déterminées.

6. Support d'enregistrement d'informations, caractérisé en ce qu'il comporte des instructions pour l'exécution d'un procédé conforme à l'une  
5 quelconque des revendications précédentes, lorsque ces instructions sont exécutées par un calculateur électronique.

7. Système de détermination du déplacement d'un pixel entre une première et une deuxième images de synthèse, lesdites images étant constituées d'un ensemble de pixels, la première image étant synthétisée à  
10 partir d'une première scène contenant un objet et un point de prise de vue donné, et la deuxième image étant synthétisée à partir d'une deuxième scène contenant le même objet, cette deuxième scène étant obtenue à partir de la première scène en déplaçant l'objet dans la première scène et/ou en déplaçant le point de prise de vue de la première scène, ce système comportant :

15 - un module (20) de synthèse d'images propre à générer des images à partir d'une scène tridimensionnelle, et

- un module (22) de commande apte à activer une première fois le module de synthèse pour générer la première image à partir de la première scène, et à activer une deuxième fois le module de synthèse pour générer la  
20 deuxième image à partir de la deuxième scène,

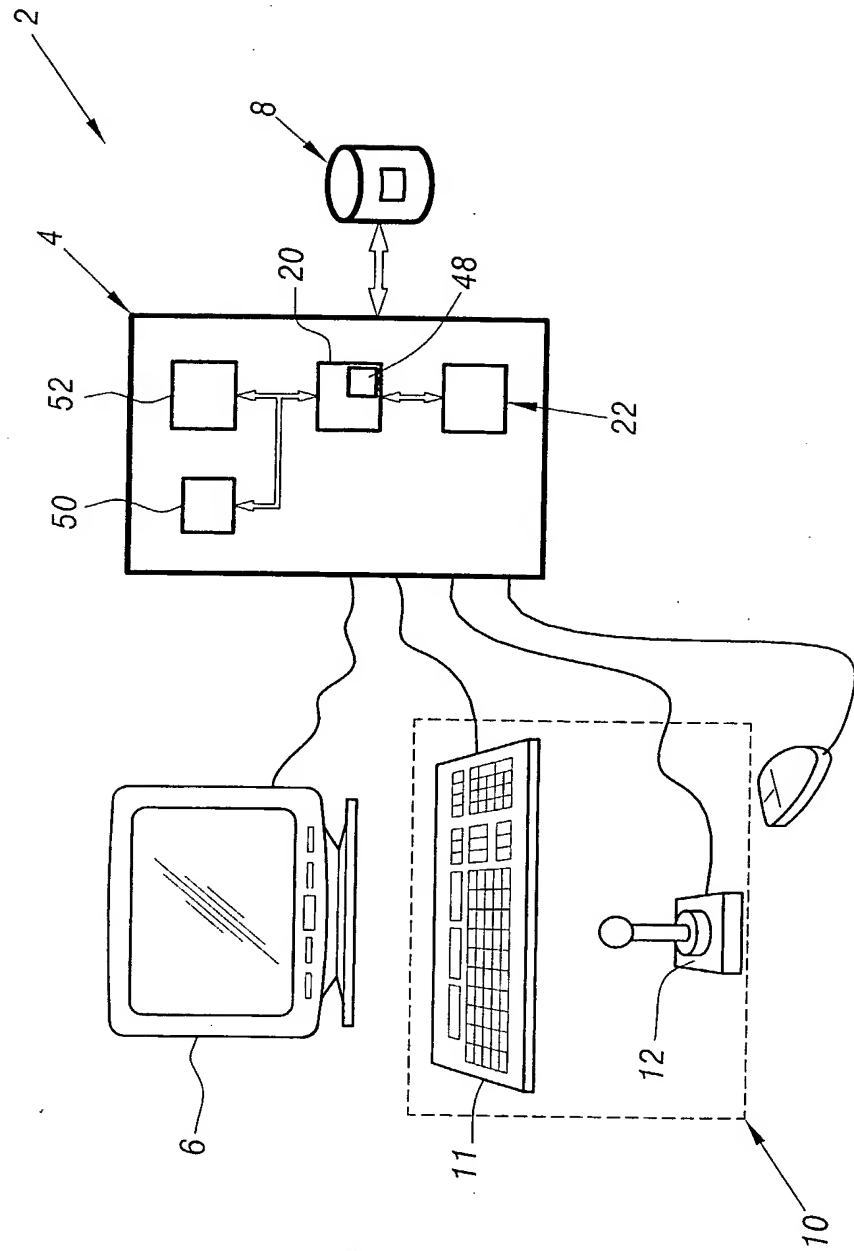
caractérisé :

- en ce que le module de commande est apte à définir automatiquement la couleur d'au moins un point de l'objet dans la deuxième scène en fonction de la position de ce point dans la première scène de manière  
25 à ce que la couleur du pixel de la deuxième image correspondant à ce point indique la position de ce pixel dans la première image, le module de commande étant apte pour cela à réaliser :

- une opération (92) de projection sur l'objet de la deuxième scène d'une troisième image (104) constituée d'un ensemble de pixels, dans  
30 laquelle la couleur de chaque pixel indique sa position dans cette troisième image, cette troisième image étant projetée à partir d'un projecteur dont la position relative par rapport à l'objet qu'il éclaire dans la deuxième scène est

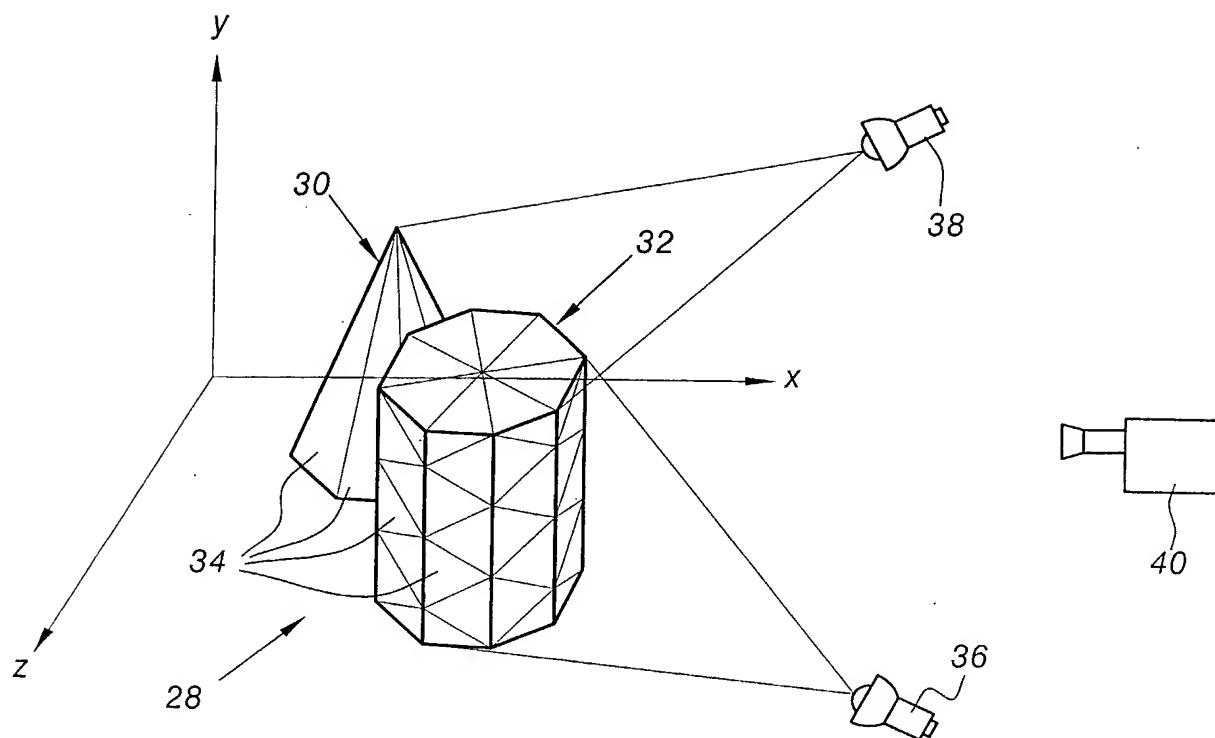
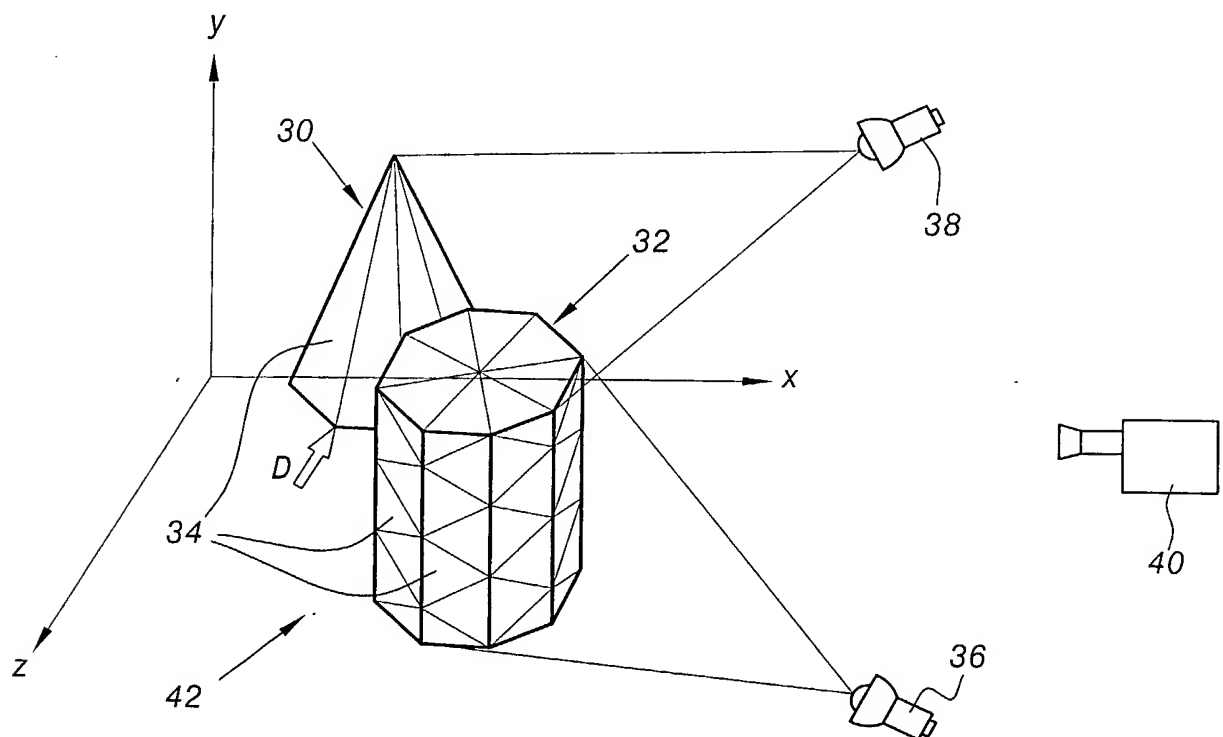
choisie pour être la même que la position relative du point de prise de vue par rapport à cet objet dans la première scène,

- une opération (88) de modification des aspects de surface de l'objet éclairé de manière à ce que la surface de cet objet diffuse l'éclairage du projecteur vers le point de prise de vue, et
- une opération (86) de suppression des sources de lumière parasites susceptibles de modifier la couleur diffusée par un ou plusieurs points de l'objet, et
- en ce que le système comporte un module (50) de calcul du déplacement d'au moins un pixel entre les première et deuxième images apte pour le ou chaque point de l'objet à :
  - relever la position et la couleur d'un pixel de la deuxième image correspondant à ce point,
  - déduire la position du point de l'objet dans la première image à partir de la couleur relevée, et
  - déterminer le déplacement de ce pixel à partir de la position relevée dans la deuxième image et de la position déduite de la couleur du pixel.

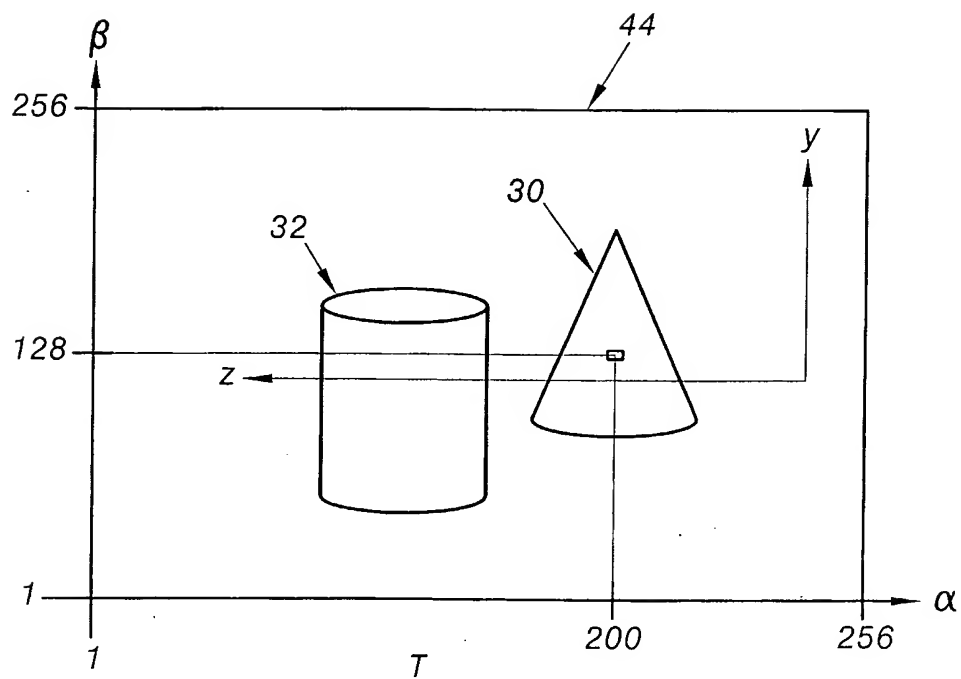
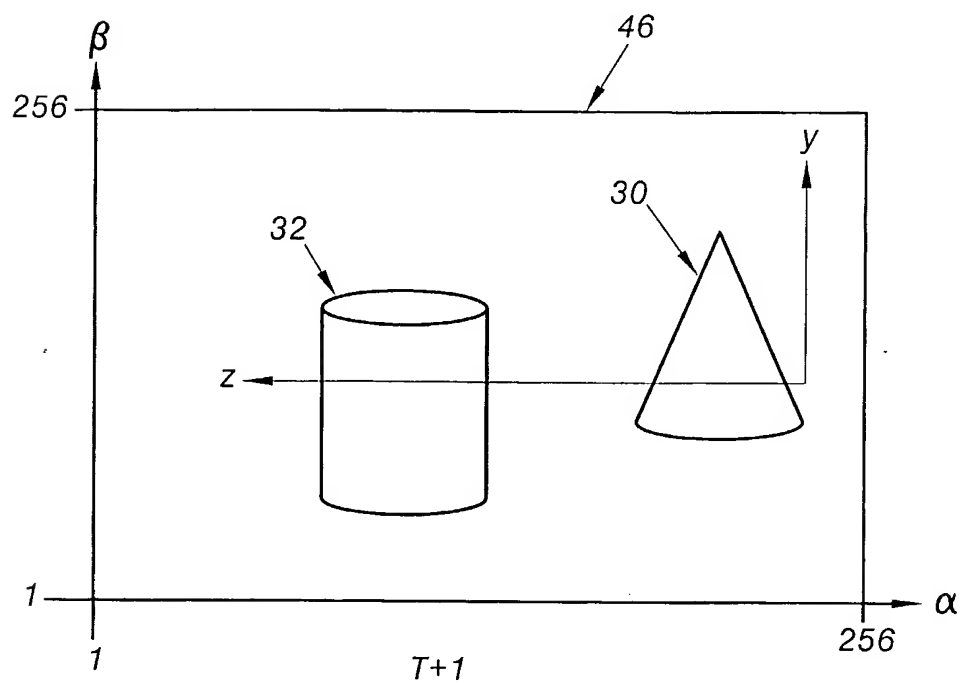


**FIG. 1**

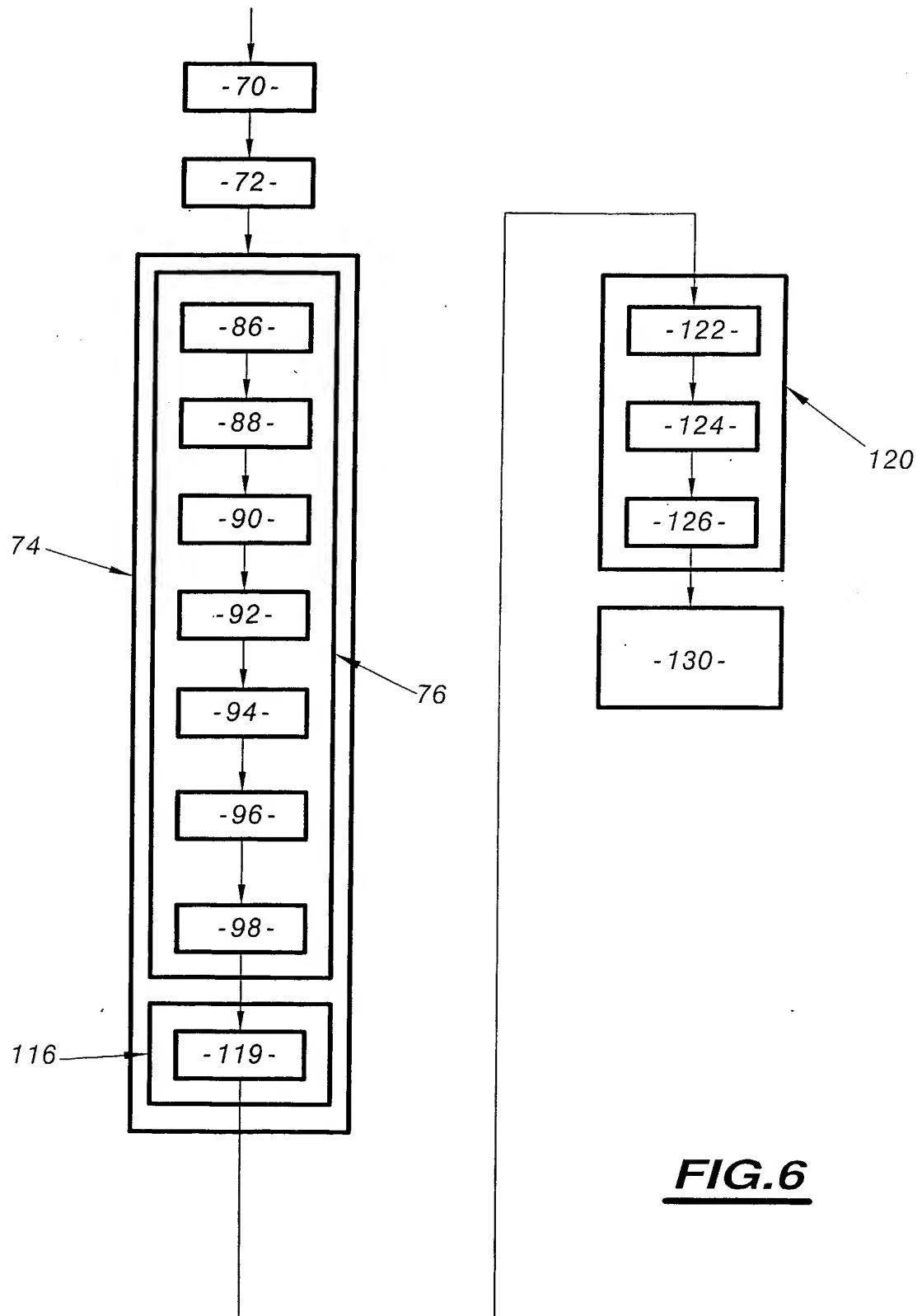
2/6

**FIG. 2****FIG. 3**

3/6

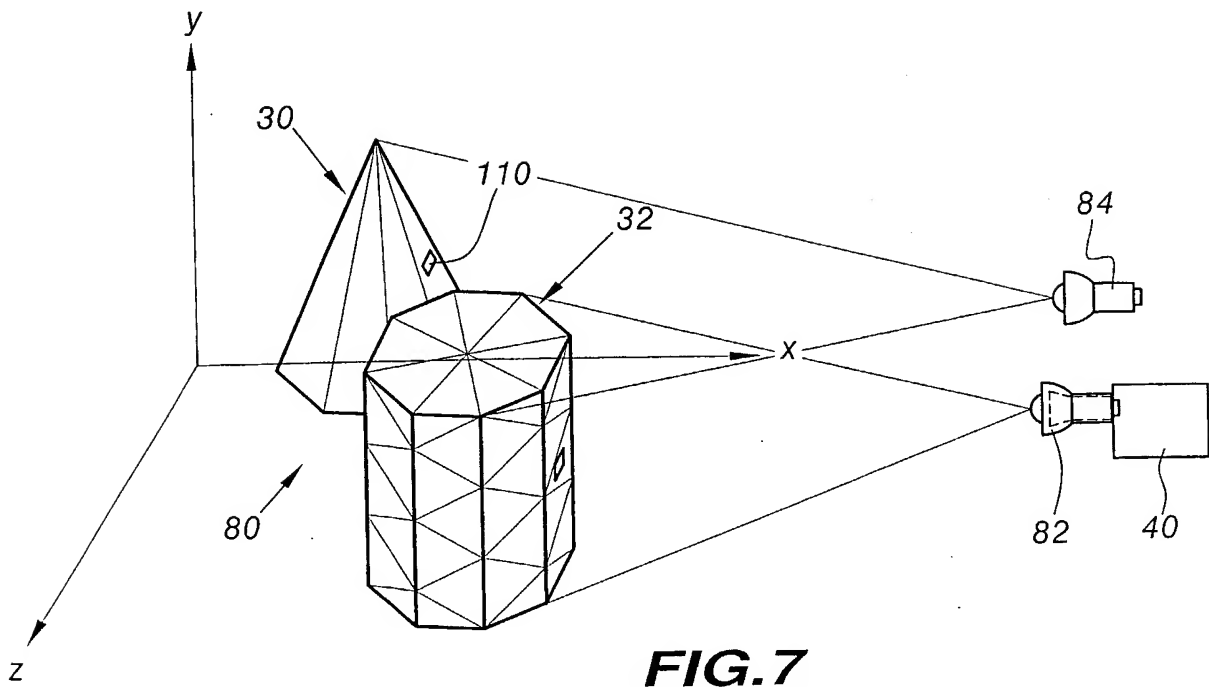
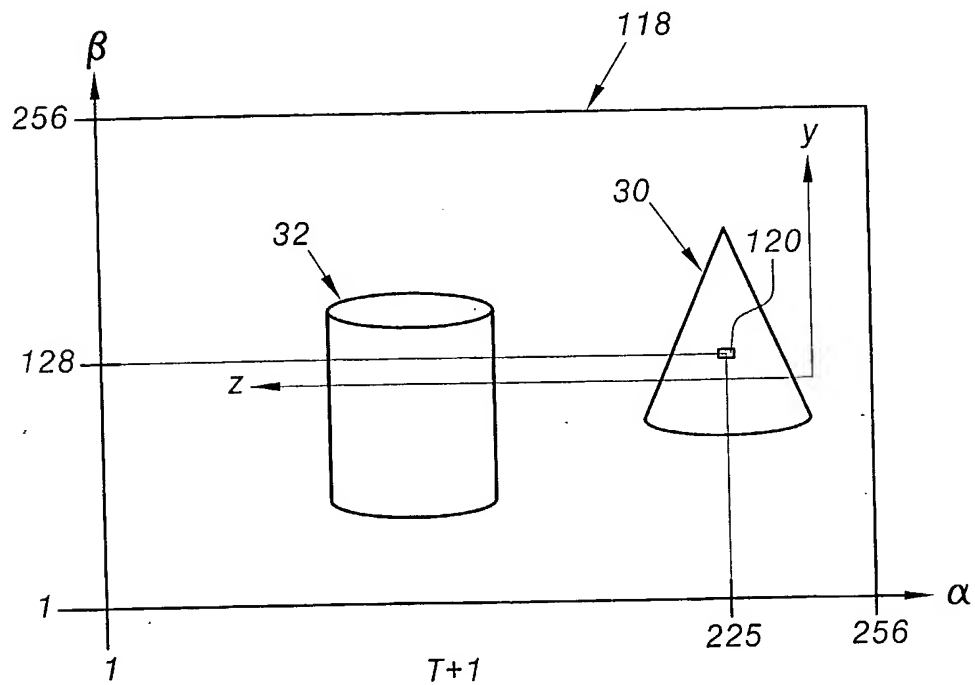
**FIG. 4****FIG. 5**

4/6

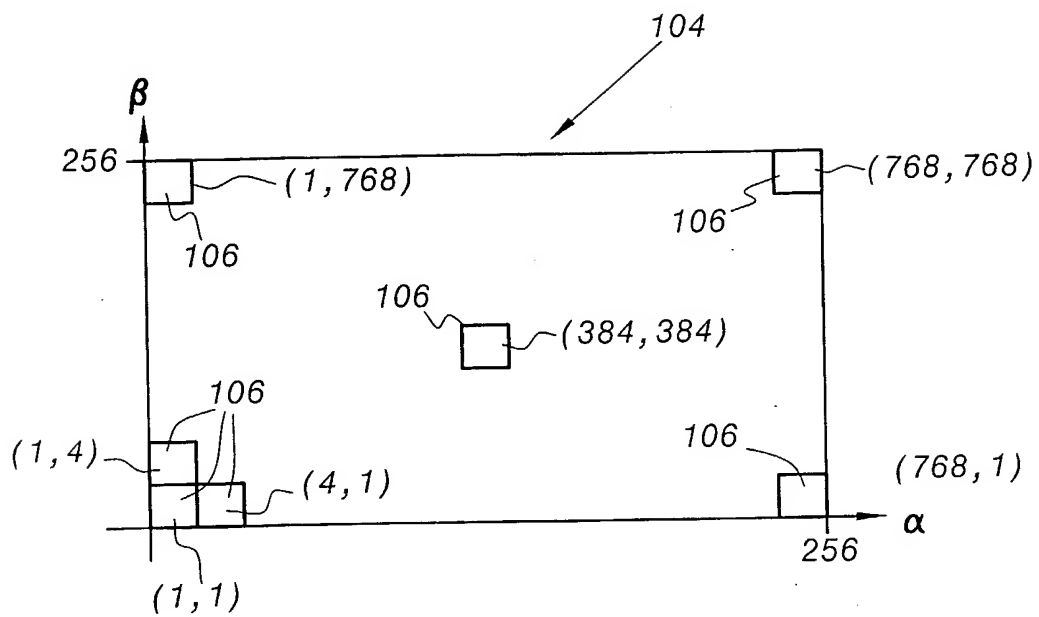
**FIG. 6**



5/6

**FIG. 7****FIG. 9**

6/6

**FIG.8**